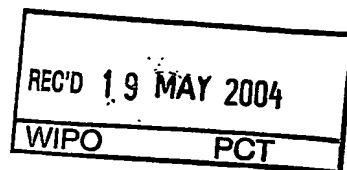


EP 04/03667

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 18 061.3

**Anmeldetag:** 17. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Behr GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Mischvorrichtung

**IPC:** B 01 F, B 01 J

BEST AVAILABLE COPY

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

---

BEHR GmbH & Co. KG  
Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

---

### Mischvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen zumindest zweier Medien, mit zumindest einer Mischkammer.

Derartige Vorrichtungen dienen üblicherweise einer Mischung mehrerer Medien, die anschließend eine oder mehrere chemische Reaktionen miteinander ausführen sollen. Zu diesem Zweck wird das Gemisch einem Reaktionsraum zugeführt, in dem die Bedingungen, wie beispielsweise die Temperatur, an die Erfordernisse der gewünschten Reaktion angepaßt sind. Aufgrund der geometrischen Form, den Abmessungen oder auch der Funktionsweise solcher Vorrichtungen ist die Durchmischung der Medien meist unvollständig und die Temperaturverteilung inhomogen, so daß neben einer beabsichtigten Hauptreaktion oft unerwünschte Nebenreaktionen auftreten. Darüberhinaus ist bei schnellen chemischen Reaktionen die Mischgeschwindigkeit häufig langsamer als die Reaktionsgeschwindigkeit, wodurch die Ausbeute der chemischen Reaktion im wesentlichen durch die Mischvorrichtung bestimmt wird.

Die DE 44 33 439 A1 beschreibt eine Mischvorrichtung, bei der ein Vermischungsvorgang dadurch beschleunigt werden soll, daß zwei Eduktströme

durch Mikrokanäle jeweils in räumlich getrennte Fluidfäden aufgeteilt werden, die anschließend als Freistrahlen in einen Mischraum austreten. Durch Diffusion und/oder Turbulenz wird auf diese Weise eine Durchmischung der Eduktströme gefördert.

5

Bei chemischen Reaktionen ist jedoch neben einer guten Durchmischung eine günstige Temperaturverteilung maßgeblich für eine Ausbeute an Reaktionsprodukten bestimmend. Vor allem schnell ablaufende Reaktionen, deren Ablauf unter Umständen bereits in einer Mischkammer beginnt, bedürfen nicht nur einer homogenen Durchmischung, sondern sind in der Regel auch endotherm oder exotherm, so daß ein kontrolliertes Temperaturmanagement auch für Mischkammern wünschenswert ist.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung bereitzustellen, mit der eine Vermischung zumindest zweier Medien unter gleichzeitiger Zu- oder Abfuhr von Wärmeenergie realisierbar ist.

15

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Mischen zumindest zweier Medien, wie Mischvorrichtung, mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

20

Der Grundgedanke der Erfindung ist es, zumindest zwei Medien, insbesondere Edukte für eine nachfolgende chemische Reaktion, simultan zu mischen und zu temperieren.

25

Eine erfindungsgemäße Mischvorrichtung weist zumindest eine Mischkammer auf, der zumindest zwei Medien zuführbar sind, um miteinander gemischt zu werden, beispielsweise durch Turbulenz und/oder Diffusion. Es ist auch eine Mischung von drei oder mehr Medien miteinander denkbar, wobei die Medien dann entweder gleichzeitig einer Mischkammer zuführbar oder auch in einer oder mehreren Mischkammern nacheinander einem Medium oder Gemisch beimischbar sein können. In einer Wandung der zumindest

30

einen Mischkammer befindet sich zumindest ein Temperierkanal, durch den Energie zu oder von der zumindest einen Mischkammer zu- beziehungsweise abführbar ist.

5 Mit einer solchen Mischvorrichtung ist es möglich, bereits während einer Mischung zumindest zweier Medien für eine gewünschte Temperaturverteilung, insbesondere eine gleichmäßige Temperaturverteilung, in dem Gemisch zu sorgen. Dadurch werden die Vorgänge des Mischens und des Temperierens insgesamt beschleunigt und gegebenenfalls eine Ausbeute einer anschließenden Reaktion erhöht.

10 Bevorzugt ist Energie in Form von Wärmeenergie von einem Medium oder Gemisch in der zumindest einen Mischkammer durch deren Wandung hindurch zu dem zumindest einen Temperierkanal oder umgekehrt übertragbar.

15 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist Energie in Form von elektrischer Energie durch den zumindest einen Temperierkanal transportierbar. Dies geschieht bevorzugt mit Hilfe von Stromleitungen, die in dem zumindest einen Temperierkanal angeordnet sind. Zur Umwandlung von thermischer in elektrische Energie oder umgekehrt ist ein thermoelektrisches Element, wie beispielsweise ein Widerstandsheizer, insbesondere mit positivem Temperaturkoeffizienten, oder ein Peltier-Kühlelement einsetzbar.

20 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist Energie mittels eines Temperiermediums konvektiv durch den zumindest einen Temperierkanal transportierbar. Zu diesem Zweck ist der Temperierkanal beispielsweise als Teil eines Temperierkreislaufes ausgebildet, wobei der Temperierkreislauf beispielsweise ein Kühlkreislauf oder ein Kältemittelkreislauf ist. Das Temperiermedium ist bei diesen Ausführungsbeispielen ein Kühlmittel, wie beispielweise Wasser oder ein Wasser-Glykol-Gemisch, beziehungsweise ein Kältemittel, wie beispielsweise R134a oder CO<sub>2</sub>. Genausogut kann der

25

30

Temperierkanal auch geöffnet sein, so daß er beispielsweise von Umgebungsluft durchströmbar ist, die insbesondere mit Hilfe einer Luftfördereinrichtung, wie zum Beispiel einem Gebläse, einem Lüfter oder einer Luftpumpe, durch den Temperierkanal förderbar ist.

5

Bevorzugt weist die Mischvorrichtung eine Reaktionskammer für eine chemische Reaktion der zumindest zwei Medien beziehungsweise deren Gemisches auf, so daß das Gemisch auf kürzestem Wege der Reaktionskammer zuführbar ist. Dadurch wird ein Gesamt-Prozeß „Mischung-Temperierung-Reaktion“ zusätzlich verkürzt und eine entsprechende Ausbeute gesteigert. Besonders bevorzugt ist die Reaktionskammer kanalförmig ausgebildet, so daß sie von den zumindest zwei Medien beziehungsweise deren Gemisch durchströmbar ist.

10

15 Besonders vorteilhaft ist auch die Verwendung eines Katalysators für eine gewünschte chemische Reaktion in der zumindest einen Reaktionskammer. Dadurch wird eine gewünschte Reaktion unterstützt und unerwünschte Nebenreaktionen unter Umständen gegenüber der gewünschten Reaktion unterdrückt. Ein Katalysatormaterial ist zu diesem Zweck vorzugsweise auf eine Wandung der zumindest einen Reaktionskammer aufgebracht. Auch ist es vorteilhaft, wenn eine Wandung der zumindest einen Reaktionskammer zumindest teilweise aus einem Katalysatormaterial besteht.

20

Besonders bevorzugt ist die zumindest eine Mischkammer in die zumindest eine Reaktionskammer integriert. Dadurch wird ein Beginn der Reaktion bereits während des Mischens und Temperierens ermöglicht und der bereits erwähnte Gesamt-Prozeß „Mischung-Temperierung-Reaktion“ nochmals verkürzt und eine entsprechende Ausbeute weiter gesteigert.

25

30 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung zum Mischen zweier Medien ist die zumindest eine Mischkammer in einer Hauptströ-

5 mungsrichtung durchströmbar. Vorteilhafterweise ist die zumindest eine Mischkammer zu diesem Zweck kanalförmig ausgebildet, so daß die zumindest zwei Medien beziehungsweise deren Gemisch während einer Durchströmung der Mischkammer auf einfache Weise temperiert werden können. Außerdem ist es dadurch sogar möglich, der Mischkammer ein unter Umständen gewünschtes Temperaturprofil aufzuprägen.

10 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform arbeitet die Mischvorrichtung nach dem Parallelstrom- beziehungsweise nach dem Gegenstrom-Prinzip. Zu diesem Zweck verläuft der zumindest eine Temperierkanal im wesentlichen parallel zu der Hauptströmungsrichtung der zumindest einen Mischkammer. Je nachdem, in welcher Richtung der Temperierkanal in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung der Mischkammer durchströmt wird, ist das Parallelstrom- oder das Gegenstrom-Prinzip verwirklicht.

15 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform arbeitet die Mischvorrichtung nach dem Kreuzstrom-Prinzip. Zu diesem Zweck verläuft der zumindest eine Temperierkanal quer zu der Hauptströmungsrichtung der zumindest einen Mischkammer. In einer geeigneten Projektion kreuzen sich dann die Strömungspfade, so daß das Kreuzstrom-Prinzip verwirklicht ist.

20 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die zumindest eine Mischkammer einen oder mehrere Turbulatoren auf. Dadurch wird eine ansonsten unter Umständen mögliche laminare Strömung der zumindest zwei Medien verhindert und eine homogenere Durchmischung ermöglicht. Besonders bevorzugt ist zumindest ein Turbulator als Quersteg ausgebildet, wodurch sich gegebenenfalls eine sehr einfache Bauweise der Mischvorrichtung realisieren läßt.

25 30 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Mischvorrichtung je einen Einlaß für die zumindest zwei Medien und je einen Auslaß für zumindest ein

Misch- oder Reaktionsprodukt, so daß die Vorrichtung auf einfache Weise an entsprechende Leitungen anschließbar ist. Gegebenenfalls ist die Mischvorrichtung auch mit einem Einlaß und einem Auslaß für das Temperiermedium versehen.

5

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht die Wandung der zumindest einen Mischkammer aus mehreren aneinanderliegenden Platten und/oder Folien, wobei der zumindest eine Temperierkanal und die zumindest eine Mischkammer durch Aussparungen in den Platten beziehungsweise Folien gegeben sind. Besonders bevorzugt besteht die Mischvorrichtung aus mehreren aneinanderliegenden Platten und/oder Folien, wobei dann unter Umständen auch die zumindest eine Reaktionskammer durch eine oder mehrere Aussparungen in den Platten beziehungsweise Folien gebildet ist. Dies ermöglicht einen modularen Aufbau einer Mischvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit Hilfe von unter Umständen standardisierten Platten/Folien, wodurch sich eine vereinfachte und gegebenenfalls sehr kompakte Bauweise ergibt.

15

20

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung sind die zwei äußersten Platten/Folien über eine Haltevorrichtung miteinander verbindbar. Dadurch wird es einerseits ermöglicht, einen Plattenstapel während der Herstellung der Mischvorrichtung zu fixieren und einzuspannen, andererseits wird die Mischvorrichtung während eines Betriebes stabilisiert, beispielsweise gegenüber einer Beaufschlagung mit Medien unter Druck, so daß eine Festigkeit und folglich auch eine Lebensdauer der Mischvorrichtung verlängert wird.

25

30

Die Abmessungen der Platten beziehungsweise Folien werden günstigerweise so gewählt, daß die durch Aussparungen gebildeten Kanäle und Kammern eine für die beabsichtigte Anwendung ausreichende Querschnittsfläche aufweisen und daß eine ausreichende Stabilität der Mischvorrichtung während eines Betriebes gewährleistet ist, wobei vorzugsweise auch eine

kompakte Bauweise hinsichtlich Größe und Gewicht berücksichtigt werden sollte.

5 Bevorzugt weisen die Platten beziehungsweise Folien eine Dicke zwischen 0,05 mm und 1,5 mm, besonders bevorzugt zwischen 0,2 mm und 2,5 mm, auf. Die Aussparungen in den Platten beziehungsweise Folien weisen vorzugsweise eine Breite zwischen 1 mm und 10 mm, besonders bevorzugt zwischen 2 mm und 10 mm, auf.

10 Für eine stabile Bauweise der Mischvorrichtung ist zumindest ein Bestandteil der Vorrichtung vorzugsweise aus einem Metall, besonders bevorzugt aus Aluminium, Titan oder Tantal, aus einem Edelstahl, aus einer Legierung, besonders vorteilhaft aus einer Nickel-Legierung, oder aus einem Kunststoff gefertigt.

15 Vorteilhaft ist eine gelötete Mischvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei ein Lotmaterial bevorzugt Nickel, Gold, Silber und/oder Kupfer enthält oder besonders bevorzugt daraus besteht. Ebenfalls vorteilhaft ist eine geschweißte, insbesondere diffusionsgeschweißte, oder geklebte  
20 Mischvorrichtung.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

25 Fig. 1 einen Aufbau einer Mischvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2a – 2m eine Aufsicht auf jeweils eine Platte einer Mischvorrichtung,

30 Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer Mischvorrichtung,



Fig. 4a - 4d jeweils eine Querschnittsansicht einer Mischkammer einer Mischvorrichtung und

5 Fig. 5a - 5c jeweils eine Querschnittsansicht einer Mischkammer einer Mischvorrichtung.

10 Fig. 1 zeigt als Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Mischen zweier Medien eine Mischvorrichtung 10 mit integriertem Reaktor in einer Explosionsdarstellung. Die Mischvorrichtung 10 besteht aus mehreren aufeinandergestapelten Platten 20a bis 20m, die beispielsweise aus Titan, Tantal, einem Edelstahl oder einer Nickel-Legierung gefertigt sind. Eine Strukturierung der Platten erfolgt beispielsweise mittels Ätzens, Laserschneidens, bei nicht oder schwer ätzbaren Materialien auch mittels Feinstanzens oder Wasserstrahlschneiders.

15 Zur Herstellung der Mischvorrichtung sind die Platten 20a bis 20m aufeinandergelegt und fluiddicht miteinander verbunden, beispielsweise durch Schweißen, insbesondere Diffusionsschweißen, oder Löten, insbesondere Hochtemperatlöten, wobei als Lotmaterial insbesondere Nickel-, Gold-, Silber- oder Kupferlote in Frage kommen. Bei der Auswahl der Platten- und Lotmaterialien ist zu beachten, daß keine unerwünschten Reaktionen während eines Betriebes der Mischvorrichtung katalysiert werden.

20 Aus Fig. 1 wird deutlich, daß die Deckplatte 20a aus mehreren Einzelschichten aufgebaut ist und drei Befestigungsdurchbrüche 30, 31, 32 aufweist (siehe auch Fig. 2a), durch die als Rohrstücke ausgebildete Befestigungselemente 40, 41, 42 hindurchsteckbar sind. Die Bodenplatte 20m weist Befestigungsdurchbrüche 50, 51, 52 auf (siehe auch Fig. 2m), die den Durchbrüchen 31, 30, 32 der Deckplatte 20a gegenüberstehen. Durch die  
25 Durchbrüche 50, 51, 52 sind Befestigungselemente 60, 61, 62 hindurchsteckbar, womit die Rohrstücke 40, 41, 42 mit den ebenfalls als Rohrstücke  
30

ausgebildeten Elementen 60, 61, 62 derart miteinander verbindbar sind, daß die Mischvorrichtung erhöhten Festigkeitsanforderungen, beispielsweise hinsichtlich Innendruckbelastungen, genügt. Die Platten 20b bis 20l weisen Kerben 70, 71, 72 auf (siehe auch Fig. 2b), die einer platzsparenden Aufnahme der Rohrstücke 40, 41, 42 beziehungsweise 60, 61, 62 dienen.

Vorteilhafterweise sind die Rohrstücke 40, 41, 42 mit den Rohrstücken 60, 61, 62 paarweise einstückig ausgebildet, nämlich Rohrstück 40 mit 61, Rohrstück 41 mit 60 und Rohrstück 42 mit 62, so daß die Anzahl der Montageschritte gering gehalten werden kann.

Desweiteren weisen die Platten 20a bis 20l Aussparungen 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87 für eine Führung von Edukt-, Produkt- und Temperiermittelströmen einer chemischen Reaktion auf, deren Verschaltung anhand der Fig. 2 erläutert wird.

In Fig. 2 ist ein Satz von Platten 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, die den Platten 20a bis 20m in Fig. 1 entsprechen, in einer Aufsichtsdarstellung zu sehen. Eine Mischvorrichtung ergibt sich durch Aufeinanderstapelung der Platten in dieser Reihenfolge. Im einzelnen handelt es sich um eine Deckplatte 100 (Fig. 2a), eine Anschlußplatte 101 (Fig. 2b), eine Umverteilplatte 102 (Fig. 2c), eine Trennplatte 103 (Fig. 2d), eine erste Temperierplatte 104 (Fig. 2e), eine erste Wärmeleitplatte 105 (Fig. 2f), eine erste Verteilplatte 106 (Fig. 2g), eine Mischplatte 107 (Fig. 2h), eine zweite Verteilplatte 108 (Fig. 2i), eine zweite Wärmeleitplatte 109 (Fig. 2k), eine zweite Temperierplatte 110 (Fig. 2l) und eine Bodenplatte 111 (Fig. 2m). Aufgrund einer Baugleichheit der Platten 104 und 110 beziehungsweise der Platten 105 und 109 ist die Mischvorrichtung aus zehn verschiedenartigen Platten zusammensetzbar.

Die Funktionsweise der Mischvorrichtung stellt sich wie folgt dar. Ein erstes Medium, das mit einem zweiten Medium gemischt werden soll, strömt von dem Anschluß 112 in Platte 100 durch die Aussparung 117 in Platte 101, wird dann mittels der Aussparung 122 in Platte 102 umverteilt in eine erste Verteilkammer, die durch die Aussparung 130 in Platte 103, die Aussparung 140 in Platte 104, die Aussparung 150 in Platte 105, die Aussparung 160 in Platte 106, die Aussparung 171 in Platte 107, die Aussparung 190 in Platte 109 und die Aussparung 200 in Platte 110 gebildet ist. Von der ersten Verteilkammer wird der Strom des ersten Mediums auf erste Verteilkanäle 181 in Platte 108, die durch die Platten 107, 109 abgeschlossen sind, verteilt.

Analog hierzu wird das zweite Medium durch die Aussparungen 113, 118, 123 in eine zweite Verteilkammer geleitet, die durch die Aussparungen 131, 141, 151, 172, 182, 191 und 201 gebildet ist. Von dort wird das zweite Medium auf zweite Verteilkanäle 161 in Platte 106 verteilt, die durch die Platten 105, 107 abgeschlossen sind.

Die ersten Verteilkanäle 181 und die zweiten Verteilkanäle 161 sind nur durch die Mischplatte 107 voneinander getrennt, deren Aussparungen 177 die ersten mit den zweiten Verteilkanälen (181 beziehungsweise 161) unter Bildung von Mischkammern miteinander verbinden. In diesen Mischkammern werden das erste und das zweite Medium miteinander gemischt, wonach das Mischmedium in einer Sammelkammer gesammelt wird, die durch die Aussparung 133 in Platte 103, die Aussparung 145 in Platte 104, die Aussparung 156 in Platte 105, die Aussparung 196 in Platte 109 und die Aussparung 205 in Platte 110 gebildet ist. Von dieser Sammelkammer strömt das Mischmedium schließlich durch die Aussparung 125 in Platte 102 und die Aussparung 120 in Platte 101 zu dem Anschluß 115 in der Deckplatte 100.

In ähnlicher Weise wird ein Temperiermittel, wie beispielsweise Kühlmittel, von dem Anschluß 114 über die Aussparungen 119, 124 in eine Temperier-

mittelverteilkammer geleitet, die durch die Aussparungen 132, 152, 162, 173, 183, 192 in den Platten 103, 105, 106, 107, 108, 109 gebildet ist. Von dort wird das Temperiermittel durch erste Temperierkanäle 142, 202 in den Temperierplatten 104, 110 zu einer ersten Umlenkammer geführt, die durch die Aussparungen 153, 163, 174, 184, 193 in den Platten 105, 106, 107, 108, 109 gebildet ist. Von dort strömt das Temperiermittel über zweite Temperierkanäle 143, 203 in den Platten 104, 110 zu einer zweiten Umlenkammer, die durch die Aussparungen 154, 164, 175, 185, 194 in den Platten 105, 106, 107, 108, 109 gegeben ist, und anschließend durch dritte Temperierkanäle 144, 204 in den Platten 104, 110 in eine Temperiermittelsammelkammer, die durch die Aussparungen 134, 155, 165, 176, 186, 195 in den Platten 103, 105, 106, 107, 108, 109 gebildet ist. Die ersten, zweiten und dritten Temperierkanäle werden von den Platten 103, 105 beziehungsweise von den Platten 109, 111 abgeschlossen.

In der Temperiermittelsammelkammer wird das Temperiermittel gesammelt und schließlich über die Aussparungen 126, 121 in den Platten 102, 101 zu dem Anschluß 116 in der Deckplatte 100 geführt. Die Deckplatte 100 weist also insgesamt fünf Anschlüsse auf, nämlich einen Einlaß 112 für das erste Medium, einen Einlaß 113 für das zweite Medium, einen Auslaß 115 für das Mischmedium und einen Einlaß 114 und einen Auslaß 116 für das Temperiermedium.

Die Platten 100 und 102 können auch unmittelbar aneinandergelegt werden, wodurch eine Platte, nämlich die Anschlußplatte 101 eingespart wird. Die Funktion der Anschlußplatte wird dann durch die Deckplatte 100 wahrgenommen. Bei geschickter Anordnung der Ein- und Auslaßöffnungen in der Deckplatte 100 könnten auch die Platten 100 und 103 unmittelbar aneinandergelegt werden, so daß nur noch acht verschiedenartige Platten zum Aufbau einer Mischvorrichtung notwendig sind.

Die kanalförmigen Mischkammern, die durch die Aussparungen 161, 177 und 181 in den Platten 106, 107 beziehungsweise 108 gebildet werden, werden bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel in Fig. 2 von oben nach unten durchströmt und sind von Wandungen umgeben, die unter anderem einerseits durch die aufeinandergestapelten Platten 100, 101, 102, 103, 104, 105 und andererseits durch die aufeinandergestapelten Platten 109, 110, 111 gebildet sind.

In diesen Wandungen befinden sich die Temperierkanäle 142, 143, 144 beziehungsweise die Temperierkanäle 202, 203, 204, die jeweils nur durch eine Platte, nämlich die Platte 105 beziehungsweise die Platte 109 von den Mischkammern getrennt sind. Aufgrund einer Wärmeleitung durch die Platten 105, 109 hindurch wird Energie in Form von Wärme von den Mischkammern zu dem Temperiermedium in den Temperierkanälen oder umgekehrt transportiert. Mit Hilfe des strömenden Temperiermediums wird auf diese Weise die Energie konvektiv von den Mischkammern abgeführt beziehungsweise den Mischkammern zugeführt.

Die Temperierkanäle 142, 143, 144, 202, 203, 204 verlaufen quer zu der Durchströmungsrichtung der Mischkammern, weshalb bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel prinzipiell auch von einem Kreuzstromwärmeübertrager gesprochen werden kann. Wegen der mäanderartigen Durchströmung der Temperierkanäle kann im besonderen von einem Kreuzgleichstrom- beziehungsweise Kreuzgegenstrom-Wärmeübertrager gesprochen werden, je nachdem, in welcher Richtung das Temperiermedium durch die Mischvorrichtung geleitet wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ergibt sich durch eine Abwandlung der beschriebenen Ausgestaltung, indem die Mischkammern gleichzeitig als Reaktionskammern dienen, das heißt das erste Medium reagiert mit dem zweiten Medium. Dies geschieht vorzugsweise durch einen Katalysator für die ge-

wünschte Reaktion, der beispielsweise in die Mischkammern eingebracht ist. Die Mischkammern sind dann in die Reaktionskammern integriert, so daß eine sehr effektive Mischung und Reaktion des ersten und des zweiten Mediums miteinander ermöglicht wird.

5

Aufgrund der Geometrie der Kanäle stellt sich insbesondere eine Temperaturmittelströmung ein, die einen hohen Wärmeübergangskoeffizienten aufweist, so daß Wärme mit einer hohen Energiestromdichte zu- beziehungsweise abgeführt werden kann. Dadurch kann die Reaktion bei gleichmäßiger Temperatur, vorteilhafterweise unter nahezu isothermischen Bedingungen ablaufen, wodurch sich eine verbesserte Effektivität, das heißt eine verbesserte Ausbeute der Reaktion ergibt.

10

15

Insbesondere zeichnen sich die Kanäle in den einzelnen Schichten durch sehr kleine hydraulische Durchmesser aus. Je nach der erwünschten Reaktion können für die Verteilkanäle jeweils eine Höhe zwischen 0,05 mm und 1,5 mm und eine Breite zwischen 1 mm und 10 mm und für die Temperierkanäle jeweils eine Höhe zwischen 0,2 mm und 1,5 mm und eine Breite zwischen 2 mm und 10 mm zu bevorzugen sein.

20

25

Sollten die Strömungsquerschnitte nicht für gewünschte Massenströme ausreichen, ist eine Parallelschaltung mehrerer Mischvorrichtungen möglich, die auch in Baueinheit ausgebildet sein können. Ebenso sind verlängerte Reaktionskanäle, die sich beispielsweise über mehrere Platten erstrecken, denkbar, so daß die Mischmedien mit größerer Fließgeschwindigkeit bei gleichzeitig ausreichender Verweilzeit in den Reaktionskammern durch die Mischvorrichtung geleitet werden können.

30

Bei einem anderen Ausgestaltungsbeispiel sind die Mischkanäle 177 in Platte 107 jeweils von einem oder mehreren Querstegen unterbrochen, so daß das erste und das zweite Medium beziehungsweise deren Gemisch in

während des Durchströmens der Mischkammern in die Verteilkanäle 161 und/oder 181 in den Platten 106 beziehungsweise 108 umgelenkt wird. Dadurch wird unter Umständen eine Turbulenz in dem Gemisch erzeugt oder angeregt, so daß die Vermischung verbessert wird.

5

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Mischvorrichtung 300 gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Querschnittsansicht. Die Mischvorrichtung 300 ist aus mehreren aufeinandergestapelten Platten aufgebaut und prinzipiell in drei Bereiche aufgegliedert, nämlich einen Einströmbereich 310, einen Mischbereich 320 und einen Reaktorbereich 330, wobei eine solche Trennung im Betrieb der Mischvorrichtung 300 nicht unbedingt eingehalten werden muß. Beispielsweise kann eine Reaktion auch schon im Mischbereich 320 stattfinden.

10

15 Der Einströmbereich besteht aus einer Deckplatte 340 mit zwei Aussparungen 350, 360 als Einlässen für ein erstes Edukt 370 beziehungsweise ein zweites Edukt 380. Unter der Deckplatte 340 liegt eine erste Temperierplatte 390 mit mehreren Aussparungen, die der Bildung von Temperierkanälen 400 dienen, wobei die Temperierkanäle 400 in die Zeichenebene hinein und/oder  
20 aus der Zeichenebene heraus von einem Temperiermedium durchströmbar sind. Die erste Temperierplatte 390 weist desweiteren zwei Aussparungen 410, 420 für die Durchleitung des ersten Eduktes 370 beziehungsweise des zweiten Eduktes 380 auf. An die erste Temperierplatte 390 schließt sich eine erste Wärmeleitplatte 430 an, ebenfalls mit zwei Aussparungen 440, 450 für  
25 die Durchleitung des ersten Eduktes 370 beziehungsweise des zweiten Eduktes 380.

25

30

Der Mischbereich 320 setzt sich ebenfalls aus drei Platten zusammen. Eine erste Verteilplatte 460 weist eine Aussparung 470 für die Durchleitung des ersten Eduktes 370, eine Aussparung 480 zur Bildung eines Verteilkanals für das zweite Edukt 380 und Aussparungen 490 zur Bildung von Mischka-

5 nälén auf. In einer Mischplatte 500 sind eine Aussparung 510 für die Durchleitung des ersten Eduktes 370 und Aussparungen 520 zur Bildung der Mischkanäle vorgesehen. Eine zweite Verteilplatte 530 weist eine Aussparung 540 zur Bildung eines Verteilkanales für das erste Edukt 370, Aussparungen 550 für die Bildung von Mischkammern und eine Aussparung 560 für die Durchleitung der miteinander vermischten Eduktströme 370, 380.

10 Die Mischplatte 500 ist derart zwischen den Verteilplatten 460, 530 angeordnet, daß die Aussparungen 490, 520 beziehungsweise 550 versetzt übereinander zu liegen kommen. Die so gebildeten Mischkammern, in denen die beiden Eduktströme 370, 380 zusammentreffen, weisen dadurch Querstege auf, so daß eine Turbulenz in der Strömung gesteigert und somit eine Vermischung der Edukte 370, 380 verbessert wird.

15 Das gebildete Gemisch tritt anschließend in den Reaktorbereich 330 über, wo es über eine Aussparung 570 in einer zweiten Wärmeleitplatte 580, eine Aussparung 590 in einer zweiten Temperierplatte 600 und eine Aussparung 610 in einer dritten Wärmeleitplatte 620 in eine erste Reaktorkammer 630 gelangt. Die Reaktorkammer wird dabei durch eine Aussparung 630 in einer  
20 ersten Reaktorplatte 640 gebildet. Aussparungen 650 in der zweiten Temperierplatte 600 dienen dabei der Beaufschlagung mit einem Temperiermedium, so daß Wärme von den Mischkammern und/oder der Reaktorkammer über die Wärmeleitplatten an ein Kühlmedium beziehungsweise von einem Heizmedium in den Temperierkanälen an das Eduktgemisch abgegeben  
25 werden kann. Durch eine Verwirklichung einer geringen Bauhöhe der Wärmeleitplatten (beispielsweise 1,5 mm oder weniger, insbesondere 1 mm) und/oder die Wahl eines geeigneten Materials mit hoher Wärmeleitfähigkeit für die Wärmeleitplatten wird ein hoher Wärmeübertrag ermöglicht. Die Durchströmungsrichtung der Temperierkanäle 400, 650 ist bei dem in Fig. 3  
30 dargestellten Ausführungsbeispiel aus der Zeichenebene heraus oder in die



Zeichenebene hinein, so daß sich ein Kreuzstrom-, Kreuzgleichstrom- oder Kreuzgegenstrom-Wärmeübertrag realisieren läßt.

5 Aufgrund des modularen Aufbaus der Mischvorrichtung 300 aus einer Vielzahl von Platten ergibt sich die einfache Möglichkeit, den Reaktorbereich 330 durch Aneinanderreihung mehrerer aus ähnlichen oder gleichen Platten bestehenden Baugruppen zu erweitern. An die Reaktorplatte 640 schließen sich weitere Wärmeleitplatten 650, 660, 670, Temperierplatten 680, 690 mit Temperierkanal-Aussparungen 685, 695 und eine Reaktorplatte 700 mit einer zweiten Reaktorkammer 710 an. Es versteht sich, daß bei anderen Ausführungsformen noch weitere Baugruppen mit Wärmeleitplatten und/oder Temperierplatten und/oder Reaktorplatten anschließen können, ohne dabei den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Außerdem sind die Reaktorkammern optional mit zumindest einem Katalysator versehen, indem  
10 beispielsweise die daran anschließenden Wärmeleitplatten mit Katalysatormaterial beschichtet sind oder aus Katalysatormaterial bestehen.

Eine Bodenplatte 720 mit einer Aussparung 730 zur Bildung eines Auslasses für das Reaktionsprodukt 740 bildet den unteren Abschluß der Mischvorrichtung 300.  
20

Bei Verwendung von baugleichen Platten ist die Zahl der verschiedenartigen Platten reduzierbar. Beispielsweise können die Platten 340 und 430, die Platten 390, 600, 680 und 690, die Platten 580, 620, 650, 660, 670 und 720  
25 oder die Platten 640 und 700 jeweils untereinander baugleich sein, so daß für den Aufbau der Mischvorrichtung 300 lediglich sieben verschiedenartige Plattenformen notwendig sind.

Fig. 4 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Zusammenführung zweier Eduktströme. Die Mischvorrichtung 800 (Fig. 4a) weist zwischen zwei Temperierplatten 810, 820 mit Temperierkanälen 830, 840 zwei Wärmeleitplatten  
30

850, 860, eine erste Verteilplatte 870 für ein erstes Medium 880, eine zweite Verteilplatte 890 für ein zweites Medium 900 und eine Mischplatte 910 mit einer Mischkammer 920 auf. Die beiden Eduktströme werden symmetrisch zueinander umgelenkt, treffen aufeinander und werden miteinander ver-  
5 mischt, insbesondere durch Turbulenz und/oder Diffusion. Insbesondere durch das „frontale“ Aufeinandertreffen der beiden Eduktströme tritt eine intensive Durchmischung auf, wodurch ein im wesentlichen homogenes Gemisch 930 realisierbar ist.

10 In der Mischvorrichtung 1000 (Fig. 4b) strömen zwei Eduktströme 1010, 1020 parallel zueinander durch Verteilkanäle 1030, 1040 in Verteilplatten, zwischen denen eine Mischplatte 1050 mit Aussparungen 1060 angeordnet ist. Durch die Aussparungen 1060 werden Mischkanäle gebildet, über die die Verteilkanäle 1030, 1040 miteinander kommunizieren, so daß ein Austausch  
15 und damit eine Vermischung der beiden Edukte 1010, 1020 untereinander stattfindet. Beispielsweise ein von außen steuerbarer oder zumindest gewollter Druckunterschied zwischen den Eduktströmen 1010 und 1020 könnte einen solchen Austausch begründen oder fördern. Die Temperierkanäle 1070, 1080 in den Temperierplatten 1090, 1100 dienen einer Temperierung  
20 der Verteilkanäle 1030, 1040 über die Wärmeleitplatten 1110, 1120.

Die Mischvorrichtung 1200 (Fig. 4c) unterscheidet sich von der Mischvorrichtung 800 im wesentlichen dadurch, daß die Eduktströme 1210, 1220 nicht symmetrisch, sondern asymmetrisch aufeinandertreffen. Dies wird da-  
25 durch bewerkstelligt, daß der Eduktstrom 1210 an einem Quersteg 1230 in einer Verteilplatte 1240 umgelenkt wird und über eine Aussparung 1250 in der Mischplatte 1260 auf den Verteilkanal 1270 einer weiteren Verteilplatte trifft. Diese asymmetrische Variante bietet sich insbesondere bei von eins  
30 verschiedenen Mischungsverhältnissen an, wenn beispielsweise ein kleiner Eduktstrom 1210 einem vergleichsweise größeren Eduktstrom 1220 beige- mischt werden soll.

Bei der Mischvorrichtung 1300 (Fig. 4d) strömen zwei Edukte 1310, 1320 symmetrisch in eine Mischkammer 1330, deren Querschnitt größer als die Summe der Querschnitte der Verteilkanäle 1340, 1350 ist. Dadurch verlangsamt sich die Strömung beim Eintritt in die Mischkammer, wobei wegen der damit verbundenen größeren Verweildauer in der Mischkammer 1330 unter Umständen eine verbesserte Durchmischung der beiden Edukte 1310, 1320 ermöglicht wird. Durch eine versetzte Anordnung der Temperierkanäle 1360 der Temperierplatte 1370 zu den Temperierkanälen 1380 der Temperierkanäle 1390 ist eine gleichmäßigere Temperaturverteilung entlang der Hauptströmungsrichtung der Edukte 1310, 1320 beziehungsweise des Gemisches 1400 möglich.

Fig. 5 zeigt drei Beispiele von Mischkammern, die zur Verbesserung einer Durchmischung turbulenz erzeugende beziehungsweise -erhöhende Querstege aufweist. Bei der Mischvorrichtung 1500 (Fig. 5a) wird eine Strömung eines Gemisches 1510 mehrfach aufgeteilt und jeweils wieder zusammengeführt und dabei zusätzlich gebündelt. Zu diesem Zweck sind Querstege 1520 einer Mischplatte 1530 versetzt zu Querstegen 1540, 1550 einer ersten Verteilplatte 1560 beziehungsweise einer zweiten Verteilplatte 1570 angeordnet. Ebenfalls zu sehen sind Wärmeleitplatten 1580, 1590 und ein Temperierkanal 1600, der bei diesem Ausführungsbeispiel parallel zu einer Hauptströmungsrichtung des Gemisches in der Mischkammer, also in Fig. 5a von links nach rechts, verläuft.

Die Mischkammer 1710 der Mischvorrichtung 1700 (Fig. 5b) weist Querstege auf, die eine Strömung 1715 abwechselnd auf zwei gegenüberliegende Seiten der Mischkammer 1710 zwingen. Querstege 1720 einer Mischplatte 1730 sind hierzu abwechselnd mit Querstegen 1740 einer ersten Verteilplatte 1750 und Querstegen 1760 einer zweiten Verteilplatte 1770 verbunden. Abgeschlossen wird die Mischkammer 1710 durch zwei Wärmeleitplat-

ten 1780, 1790, die wiederum an hier nicht gezeigte Temperierplatten mit Temperierkanälen grenzen.

5 Bei der Mischvorrichtung 1800 (Fig. 5c) wird eine Strömung eines Gemisches 1810 abwechselnd durch freistehende Querstege 1820 aufgespalten und durch miteinander verbundene Stege 1830, 1840, 1850 an einen Rand einer Mischkammer 1860 gezwungen. Dadurch wird eine Turbulenz einer Strömung in der Mischkammer 1860 gegebenenfalls weiter gesteigert. Temperaturiert wird das Gemisch 1810 mit Hilfe eines Temperiermediums, das durch 10 Temperierkanäle 1870, 1880 strömt und über Wärmeleitplatten 1890, 1900 Wärme an das Gemisch 1810 abgibt beziehungsweise von dem Gemisch 1810 aufnimmt.

15 Die vorliegende Erfindung wurde am Beispiel einer Mischvorrichtung für zwei für eine Reaktion vorgesehene Medien beschrieben. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Mischvorrichtung auch für andere Zwecke geeignet ist.

5

## Patentansprüche

- 10 1. Vorrichtung zum Mischen zumindest zweier Medien, mit zumindest einer Mischkammer, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wandung der zumindest einen Mischkammer zumindest einen Temperierkanal zur Zu- oder Abführung von Energie zu beziehungsweise von der zumindest einen Mischkammer aufweist.
- 15 2. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Energie elektrisch durch den zumindest einen Temperierkanal zu beziehungsweise von der zumindest einen Mischkammer zu- beziehungsweise abführbar ist.
- 20 3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Energie mittels eines Temperiermediums konvektiv durch den zumindest einen Temperierkanal zu beziehungsweise von der zumindest einen Mischkammer zu- beziehungsweise abführbar ist.
- 25 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zumindest eine insbesondere kanalförmige Reaktionskammer für eine chemische Reaktion der zumindest zwei Medien aufweist.
- 30

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wandung der zumindest einen Reaktionskammer mit zumindest einem Katalysatormaterial versehen ist oder aus einem Katalysatormaterial besteht.
- 5 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Mischkammer in die zumindest eine Reaktionskammer integriert ist.
- 10 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Mischkammer in einer Hauptströmungsrichtung durchströmbar und insbesondere kanalförmig ausgebildet ist.
- 15 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zumindest eine Temperierkanal im wesentlichen parallel zu der Hauptströmungsrichtung der zumindest einen Mischkammer verläuft.
- 20 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zumindest eine Temperierkanal im wesentlichen quer zu der Hauptströmungsrichtung der zumindest einen Mischkammer verläuft.
- 25 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Mischkammer mit zumindest einem Turbulator versehen ist, der insbesondere als Quersteg ausgebildet ist.
- 30 11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch je einen Einlaß für die zumindest zwei Medien und ge-

gegebenenfalls für das Temperiermedium und je einen Auslaß für zumindest ein Misch- beziehungsweise Reaktionsprodukt und gegebenenfalls für das Temperiermedium.

- 5 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung der zumindest einen Mischkammer aus mehreren aneinanderliegenden Platten und/oder Folien besteht, und daß insbesondere die Vorrichtung zum Mischen zumindest zweier Medien aus mehreren aneinanderliegenden Platten und/oder
- 10 Folien besteht, wobei der zumindest eine Temperierkanal, die zumindest eine Mischkammer und gegebenenfalls die zumindest eine Reaktionskammer durch Aussparungen in den Platten beziehungsweise Folien gebildet sind.
- 15 13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei äußersten Platten über eine Haltevorrichtung miteinander verbindbar sind.
- 20 14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der Platten beziehungsweise Folien eine Dicke zwischen 0,05 mm und 1,5 mm, insbesondere zwischen 0,2 mm und 1,5 mm aufweist:
- 25 15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparungen in den Platten beziehungsweise Folien eine Breite zwischen 1 mm und 10 mm, insbesondere zwischen 2 mm und 10 mm aufweisen.
- 30 16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Bestandteil der Vorrichtung aus einem Metall, insbesondere Titan oder Tantal, aus einem Edelstahl,

aus einer Legierung, insbesondere einer Nickel-Legierung, aus einem Kunststoff besteht.

- 5      17.    Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung gelötet ist, wobei ein Lotmaterial insbesondere Nickel, Gold, Silber und/oder Kupfer enthält oder daraus besteht.
- 10     18.    Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung geschweißt, insbesondere diffusionsgeschweißt, oder geklebt ist.



5

## **Z u s a m m e n f a s s u n g**

10 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen zumindest zweier Medien, mit zumindest einer Mischkammer, wobei eine Wandung der zumindest einen Mischkammer zumindest einen Temperierkanal aufweist.

15

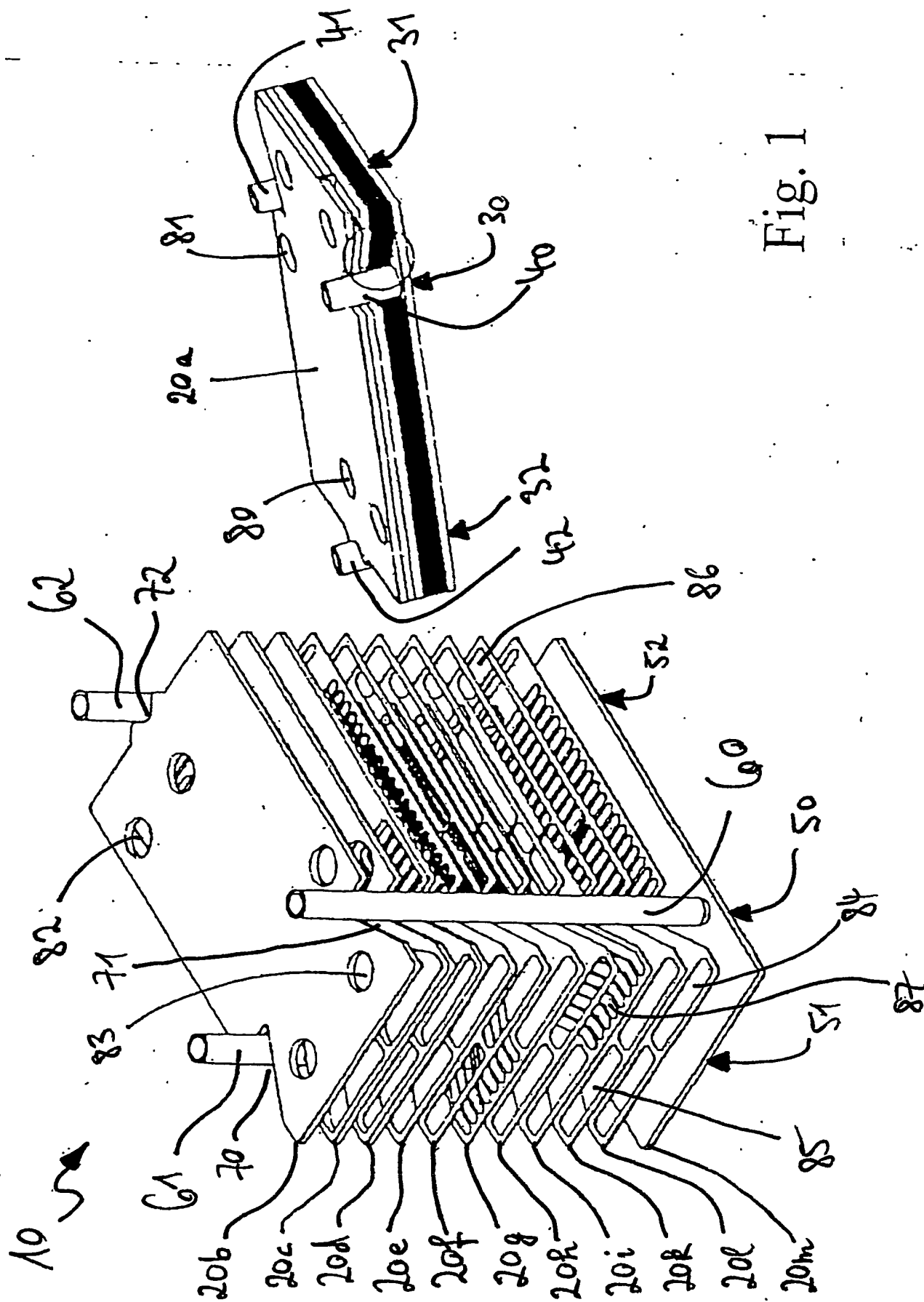


Fig. 1

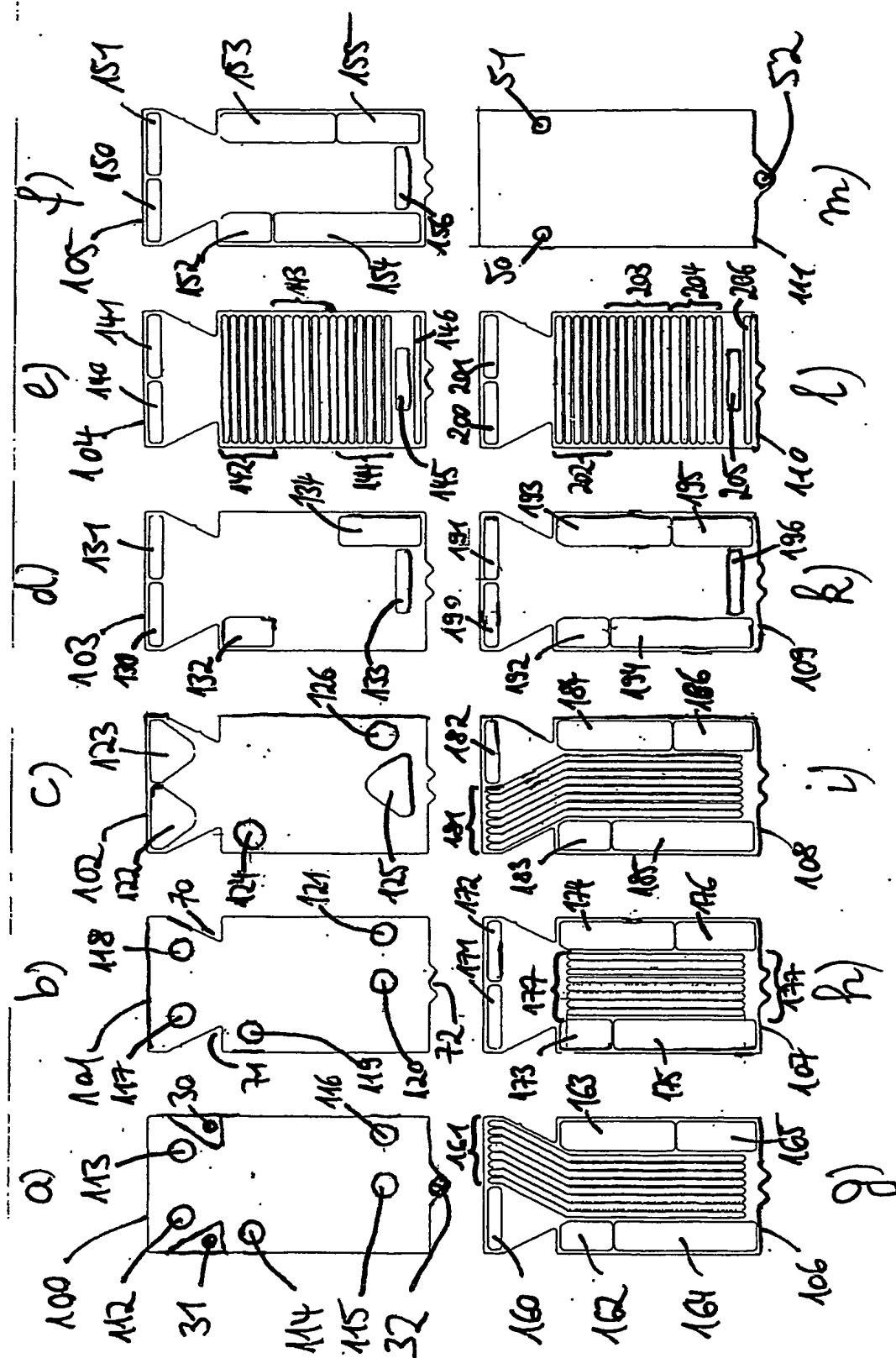


Fig. 2

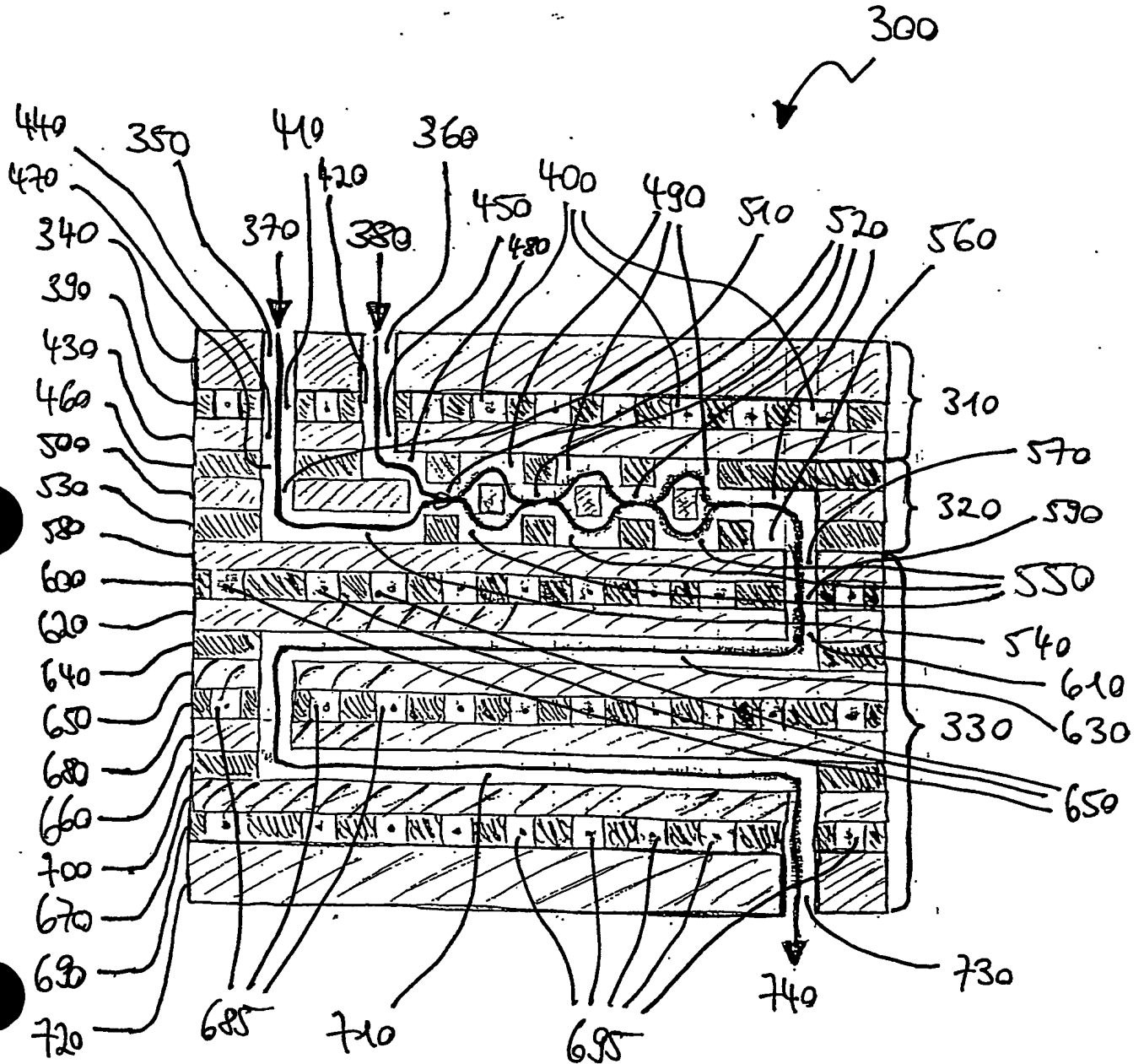


Fig. 3

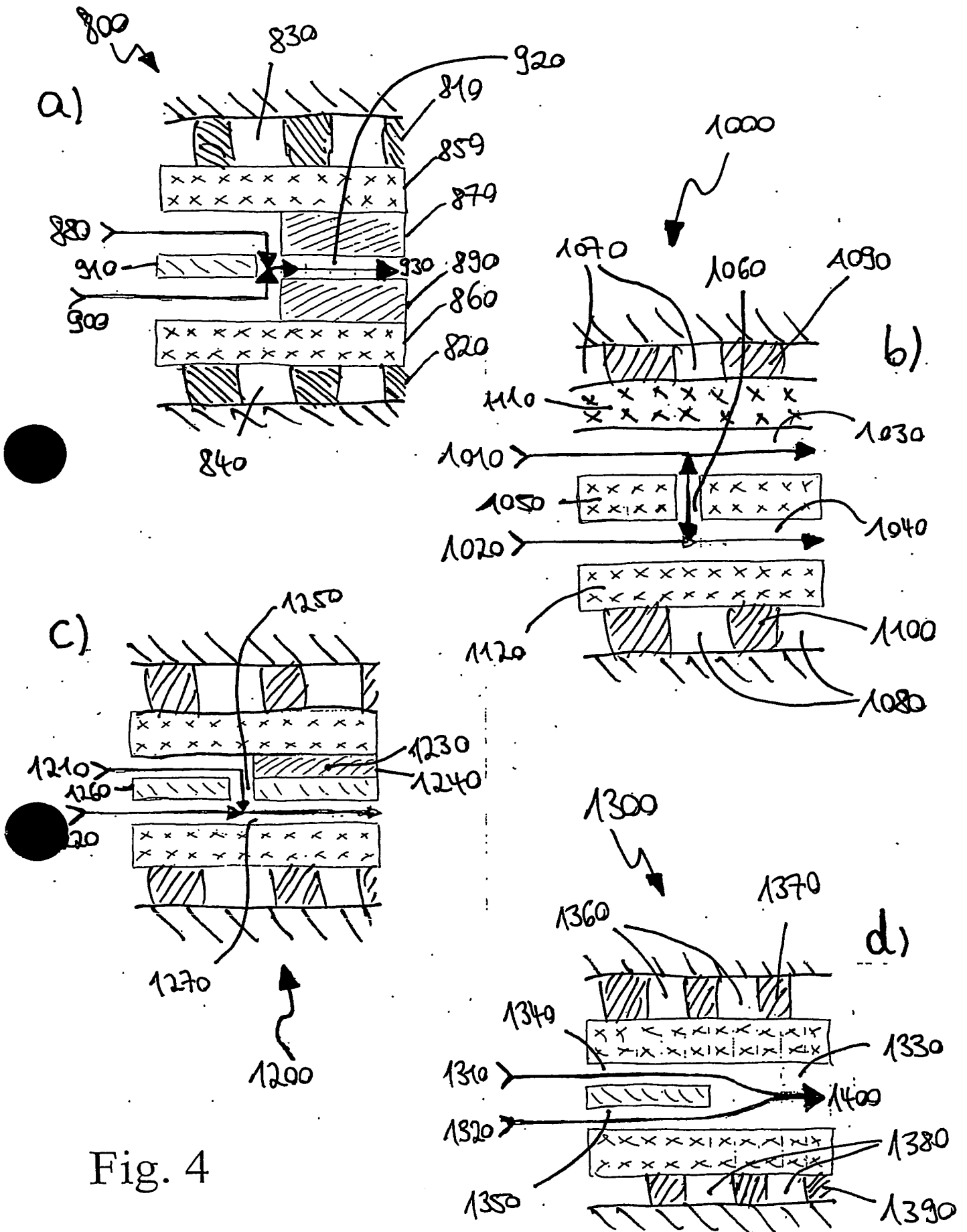


Fig. 4

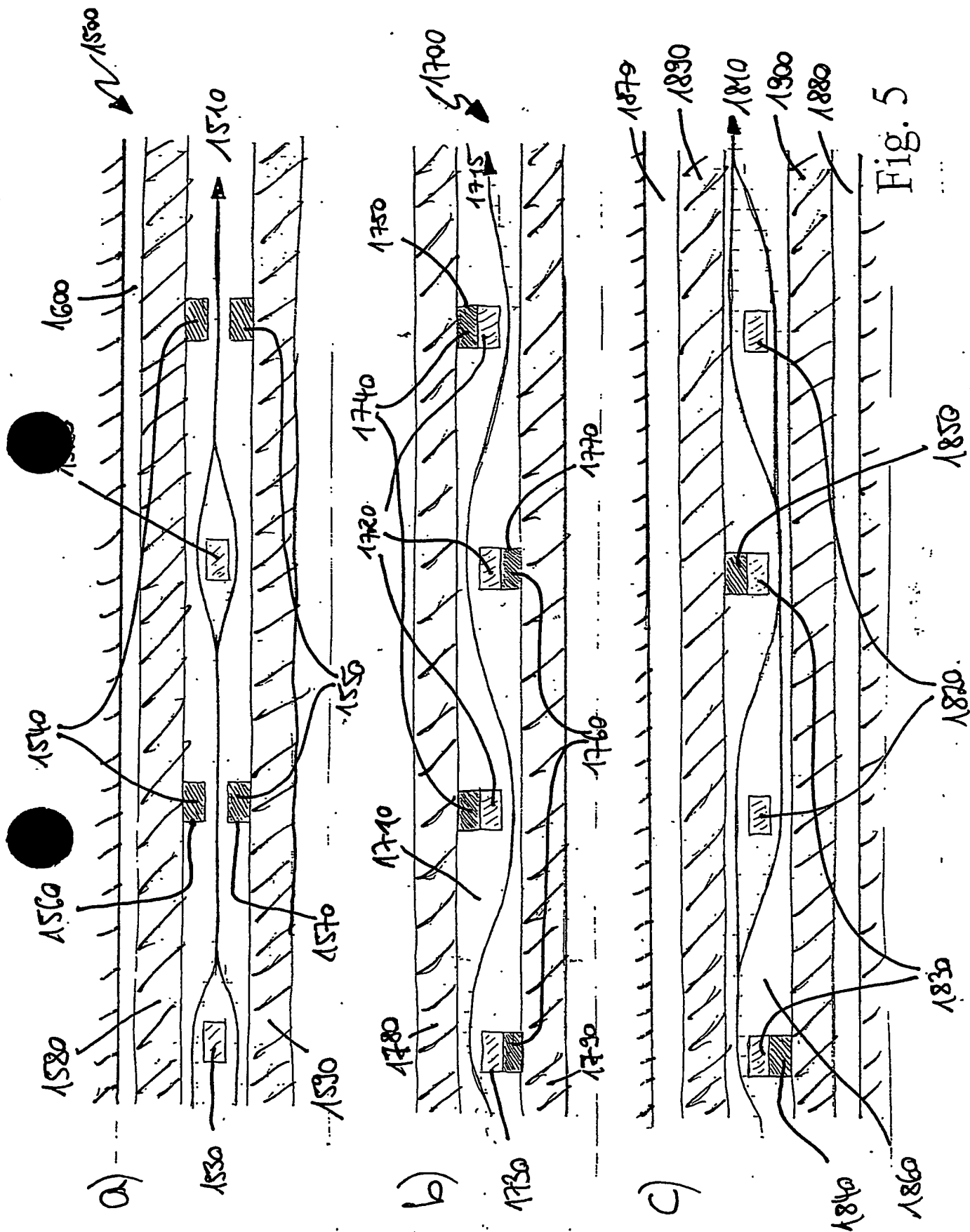


Fig. 5

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**